

УДК 612.019/574.24

*С.В. Пряничников, А.А. Мартынова*

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОСЕЛЕНИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем, ФГБУН  
«Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Российская Федерация

**Резюме.** *Цель работы* — сравнение показателей variability ритма сердца у детей дошкольного возраста (3-7 лет), проживающих в различных типах поселений в условиях высоких широт на примере Мурманской области. *Методы.* Исследовано 248 детей в возрасте 3-7 лет в трех районах Мурманской области. Анализ variability ритма сердца (ВРС) проводили с применением программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Ранжирование результатов произведено по возрасту, полу и месту проживания. Данные представлены показателями описательной непараметрической статистики (медиана — Me и в качестве меры размаха перцентили (25–75)), ранговым анализом различий между переменными (U-тест, Mann-Whitney). Сравнение независимых выборок проводилось с использованием критерия Mann-Whitney. Различия между переменными считались достоверными при значении  $p \leq 0,05$ . *Результаты.* Данные показателей ВРС при возрастном сравнении достоверно различаются в группах 3-4 и 5-7 лет. Показатели ЧСС ( $U=2871,5$ ,  $p < 0,001$ ) ниже в группе 5-7 лет при высоких временных показателях RMSSD ( $U=3446,0$ ,  $p < 0,001$ ), и SDNN ( $U=3615,0$ ,  $p < 0,001$ ). Данные временного и спектрального анализа при сравнении по полу достоверно различаются: у мальчиков 4 лет TP,  $ms^2$   $U=265,5$  ( $p < 0,019$ ), RMSSD  $U=258,0$  ( $p < 0,014$ ) и pNN50 (%)  $U=268,5$  ( $p < 0,02$ ) выше, у девочек HF,%  $U=271,0$  ( $p < 0,02$ ) в общем спектре мощности (TP), SI  $U=278,0$  ( $p < 0,03$ ) ниже при высоком вкладе волн второго порядка VLF,%  $U=262,0$  ( $p < 0,016$ ). В возрасте 6 лет обратная тенденция: у девочек показатели TP,  $ms$  ( $U=100,0$ ,  $p < 0,03$ ), RMSSD ( $U=97,0$ ,  $p < 0,024$ ) и pNN50 (%) ( $U=102,0$ ,  $p < 0,035$ ) выше. При сравнении показателей ВРС, в зависимости от места проживания, отмечаются высокие временные показатели RMSSD ( $U=115,0$ ,  $p < 0,038$ ) и SDNN ( $U=88,0$ ,  $p < 0,012$ ) у проживающих в городе. *Выводы.* Показатели ВРС у большинства исследуемых детей отражают возрастные особенности кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга с преобладанием влияния парасимпатической нервной системы (ПНС). Часть детей в возрасте 3-5 и 7 лет имеет низкие показатели функциональных возможностей организма. При этом у детей Кольского полуострова, проживающих в сельской местности, наблюдаются сниженные временные показатели ВРС, общего спектра мощности и составляющей его дыхательной компоненты.

**Ключевые слова:** variability ритма сердца, дети, дошкольный возраст, функциональное состояние, Арктика

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Пряничников Сергей Васильевич Сергей

pryanichnikov@medknc.ru

Дата поступления 06.04.2021 г.

Образец цитирования:

Пряничников С.В., Мартынова А.А. Variability ритма сердца у детей дошкольного возраста, проживающих в различных типах поселений Мурманской области. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2021, Том 18, №3, с. 224–238, DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-3-224-238

## Введение

Арктические территории, к которым относится и Мурманская область, являются зоной приоритетного развития. «Политика государства в сфере недропользования и присутствие промышленных компаний в арктических регионах оказывают мощное воздействие на жизнедеятельность населения, определяя необходимость адаптации к изменяющимся условиям, в значительной степени к социально-экономическим» [1, с. 35]. «Изменение жизненного уклада и типа питания может приводить к различным нарушениям функционального состояния организма и развитию различных патологий и заболеваний. При определении особенностей функционирования организма человека в северном регионе значительная роль принадлежит оценке функционального состояния ССС, отражающей «цену адаптации» к гипокомфортным условиям проживания» [2]. Наиболее чувствительным к любым изменениям является детский организм. До 7 лет «происходит существенная перестройка морфофункциональной организации кардиоваскулярной системы, активно совершенствуются механизмы ее регуляции» [3, с. 142]. При этом вызывает интерес то, что процессы морфофункциональной перестройки протекают на фоне суровых климатогеографических условий с характерным температурным режимом и особым фотопериодизмом, которые оказывают комбинированное влияние на состояние организма человека [4–7]. В дополнение к природным факторам, действующим на формирующийся организм, оказывает влияние антропогенная и техногенная нагрузка, «обусловленная повышенной плотностью предприятий, являющихся источниками загрязнения окружающей среды», при этом заболеваемость на этих территориях отдельными нозологическими формами, в том числе и кардиореспираторной системы, превышает общероссийский уровень [8]. Одним из методов оценки функционального состояния ССС является методика оценки ВРС. Проведенные ранее исследования показали, что ритм сердца формируется на уровне центрального и автономного контуров вегетативной регуляции, интеграция которых обеспечивает функционирование всей ССС [9, 10]. Метод «позволяет оценить состояние механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, <...> общей активности регуляторных механизмов и нейрогуморальной регуляции сердца» [11, с. 66]. Проведенные исследования показателей состояния ССС с помощью метода оценки ВРС среди детей, проживающих в городе и на селе, показывают, что существуют достоверные различия кардиогемодинамики [12, 13].

Особое внимание обращают на себя показатели заболеваемости детского населения на 100 тыс. детского населения в Мурманской области в возрасте от 0–14 лет. По основным классам заболеваний они превышают общероссийские значения в среднем на четверть [14].

Даже незначительные отклонения функционирования ССС в структуре гомеостаза организма могут свидетельствовать о неблагоприятных сдвигах в состоянии здоровья и определять негативные последствия в перспективе. Вследствие этого возникает необходимость мониторинга здоровья и функционального состояния детей, что позволит получить своевременную информацию о функциональном состоянии ССС.

**Цель** исследования состояла в том, чтобы по показателям ВРС дать сравнительную оценку функционального состояния детей, проживающих в различных типах поселений Мурманской области (город, село) в сложных климатогеографических условиях Евро-Арктического региона.

Актуальность проведенной работы заключается в оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы детского населения в возрасте 3–7 лет Мурманской области. В работе показаны особенности регуляции сердечного ритма детей, проживающих в условиях высоких широт в различных типах поселений.

## Методы

Исследование было проведено у детей дошкольного возраста (3–7 лет) в 2017–2018 гг. Базой исследования стали муниципальные дошкольные образовательные учреждения в Апатитско–Кировском, Ловозерском и Терском районах Мурманской области. Численный состав исследуемых детей составил 248 человек, среди которых 115 девочек и 133 мальчика. Распределение по районам: г. Апатиты — 87 (47 мальчиков и 40 девочек), п. Ловозеро — 83 (45 мальчиков и 38 девочек) и п.г.т. Умба — 78 (41 мальчик и 37 девочек). В процентном соотношении от общего числа детей,

зарегистрированных в населённых пунктах, на момент проведения исследования — 2,3, 43,0 и 34,0% соответственно. Критерием отбора для включения в группу исследования было наличие 1 или 2 группы здоровья и согласие законных представителей. Законные представители исследуемых детей, согласно принципам Генеральной Ассамблеи ООН от 1992 г. и конвенции Совета Европы по биоэтике от 1997 г., были информированы о целях и условиях проведения исследования и подтвердили согласие на участие. Получено заключение этического комитета о возможности проведения исследования №1 от 04.03.2021 года.

Условия проведения исследования: период с 09:00 до 13:00 часов, спокойная обстановка при комфортной температуре, поза ребёнка — положение лёжа. Перед исследованием проводился предварительный съём показателей ЭКГ и ВРС для снятия психоэмоционального напряжения у обследуемых. Съём ВРС проводился в трехкратной повторности с промежутком по времени для определения основного типа вегетативной регуляции. Во время проведения исследования были устранены все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению: не разговаривали с исследуемым и посторонними, исключали телефонные звонки и появление в кабинете третьих лиц. При записи следили, чтобы исследуемый не делал глубоких вдохов и выдохов, не кашлял, не сглатывал слюну.

Съём электрокардиограммы (ЭКГ) проводили с применением комплекса КФС-01.001 «КАРДИОМЕТР-МТ» (Микард-Лана), ООО «Телемедицинские системы» г. Санкт-Петербург. Вариабельность сердечного ритма оценивали путем регистрации кардиоинтервалограммы (КИГ) с последующей обработкой кардиоциклов на аппаратно-программном комплексе «Омега-М» научно-исследовательской лаборатории «Динамика» (г. Санкт-Петербург) согласно стандартам, принятым Европейским обществом кардиологов и Северо-американским обществом электростимуляции и электрофизиологии в 1996 году [15]. Анализ ВРС проводили по данным показателей ритмограммы: средняя длительность интервалов RR; стандартное отклонение SDNN (мс); индекс напряжения регуляторных систем SI (у.е.); полный спектр частот TP (мс<sup>2</sup>) [16]. Структуру волновых колебаний ритма сердца оценивали по показателям: межинтервальные различия RMSSD (мс); процент последовательных интервалов NN, различие между которыми превышает 50 мс pNN50 (%), вариационный размах MxDMn (мс) и данные спектрограммы — мощность волн спектра в диапазоне высоких HF (мс<sup>2</sup>, %), низких LF (мс<sup>2</sup>, %) и «очень» низких VLF (мс<sup>2</sup>, %) частот. Симпато-парасимпатический баланс определяли по отношению LF/HF и индексу централизации IC ((HF+LF)/VLF).

Исходный вегетативный тонус (ИВТ), как один из интегральных параметров ВНС, определяли, основываясь на концепции Р.М. Баевского и соавт. (1984), принимали во внимание диапазоны показателей ВРС: SI, AMo50, MxDMn: с преобладанием парасимпатической активности (ваготония): SI<80 усл. ед.; AMo50<30%; MxDMn>300 мс; симпатической активности (симпатотония): SI>151 усл. ед.; AMo50>50%; MxDMn<150 мс и вегетативным равновесием звеньев ВНС (нормотония): при SI в диапазоне 81–150 усл. ед.; AMo50 31–49% и MxDMn 160–290 мс. Также учитывали показатели TP и HF при типизации лиц по исходному типу вегетативной регуляции.

Анализ структуры здоровья и выделение групп по основным физиологическим состояниям (физиологическая норма, донозологические и преморбидные состояния, срыв механизмов адаптации) оценивали по интегральному показателю «Health», рассчитанному на аппаратно-программном комплексе «Омега – М» [17]. При оценке значений «Health» условно выделяются пять зон функциональных состояний, для наглядности представленных в виде «светофора»: зеленый, зелено-желтый (З) — физиологическая норма, оптимальный уровень адаптации или умеренное функциональное напряжение; желтый (Ж1) — донозологические состояния, выраженное функциональное напряжение, перенапряжение регуляторных механизмов; желтый и красный (Ж2) — преморбидные состояния, резко выраженное перенапряжение регуляторных механизмов; красный (К) — срыв адаптации, резко выраженное истощение регуляторных систем, полом (срыв) механизмов регуляции (≤20%). За основу принята классификация донозологической диагностики [18].

Полученные данные статистически обрабатывались с применением пакета программ STATISTICA 10, производства компания TIBCO и включали в себя описательную непараметрического статистику (медиану — Me и в качестве меры размаха перцентили (25–75)), ранговый анализ различий между переменными (U-тест, Mann-Whitney). Сравнение независимых выборок проводилось с

использованием критерия Mann-Whitney. Различия между переменными считались достоверными при значении  $p \leq 0,05$ .

## Результаты

Ввиду того, что онтогенез организма в дошкольном возрасте неодинаков, и физиологические показатели отличаются в различные временные периоды, исследуемые группы формировались с годичным интервалом. На первом этапе проверили достоверность различий показателей ВРС по возрасту. Оказалось, что достоверность различий по U-критерию Mann-Whitney в основном отмечалась между детьми 4-5 лет. В связи с чем были сформированы 2 возрастные группы: 3-4 года (83 ребенка, средний возраст  $3,7 \pm 0,005$ ) и 5-7 лет (165 детей, средний возраст  $5,8 \pm 0,07$ ) (таблица 1).

Таблица 1  
ВРС детей 3-7 лет по возрастным группам, Me (перцентили 25;75) /  
HRV of children 3-7 years old by age group (percentiles 25;75)

Показатели / indicators	3-4 года / 3-4 years	5-7 лет / 5-7 years
ЧСС уд/мин. / HR, bpm	101,0 (92,0;108,0) *	91,0 (82,5;97,0)
NNRR, ms.	590,0 (550,0;649,0) *	659,0 (616,0;722,5)
SI, y. e.	164,8 (102,7;301,2) *	92,9 (55,7;159,4)
Amo, %	37,9 (30,8;48,3) *	30,1 (24,0;37,8)
SDNN, ms	40,2 (29,3;52,2) *	52,6 (40,2;68,4)
pNN50 (%)	13,2 (3,0;31,0) *	30,0 (13,0;49,65)
RMSSD, ms	34,8 (21,8;50,8) *	50,7 (36,9;76,5)
MxDMn, ms	195 (152,0;239,0) *	266 (208,5;316,0)
HF, ms <sup>2</sup>	429,0 (152,0;867,0) *	863,0 (461,0;1826,8)
LF, ms <sup>2</sup>	454,0 (268,0;924,0) *	860,0 (475,0;1484,7)
VLF, ms <sup>2</sup>	306,0 (170,6;541,3)	382,5 (222,0;655,5)
TP, ms <sup>2</sup>	1445,0 (784,0;2462,0) *	2574,8 (1496,7;4211,0)
LF/HF	1,2 (0,8;1,9)	1,0 (0,6;1,7)
HF, (%)	27,7 (19,3;40,8) *	34,9 (25,4;46,2)
LF, (%)	33,7 (27,0;39,7)	32,0 (25,3;39,4)
VLF, (%)	23,2 (15,4;33,3) *	15,8 (10,2;21,3)
IC, y. e.	2,9 (1,7;4,5) *	4,3 (2,9;7,7)

Примечание — \* — значимость различий (U — критерий Mann-Whitney).

Анализ среднегрупповых значений показателей ВРС показал, что с возрастом отмечается снижение симпатической активности, сопровождающейся снижением ЧСС ( $p=0,008$ ), Amo ( $p=0,007$ ), индекса напряжения SI ( $p=0,001$ ). Об усилении влияния автономного контура регуляции свидетельствует увеличение почти в 1,5 раза значений RMSSD ( $p=0,025$ ) и 2,3 раза pNN50 ( $p=0,023$ ). Об усилении влияния парасимпатической активности в процессе онтогенеза также свидетельствует возрастание почти в 2 раза общего спектра мощности TP ( $p=0,025$ ) и его компонент HF ( $p=0,020$ ), LF ( $p=0,020$ ) и VLF ( $p=0,034$ ). Индекс централизации в обеих группах свидетельствует о преобладании сегментарного контура, отражая оптимальное функционирование системы.

Оценка регулярности ритма показала, что с возрастом увеличивается процент детей с нерегулярным ритмом (разницей между интервалами RR более 150 мс. с 75% в возрасте 3-4 года, до 93,3% у детей 5-7 лет). Однако если учесть, что почти все дошкольники независимо от возраста имели вариационный размах в пределах 152,0-239,0 мс в 3-4 года и 208,5-316,0 мс в 5-7 лет, то данный диапазон можно принять за физиологическую норму.

Анализ распределения в группах по исходному вегетативному тону показал, что у детей в возрасте 3-4 лет преобладает симпатикотонический тип (СТ), в то время как у детей 5-7 лет нормотонический (НТ) и ваготонический (ВТ) типы (рис. 1).

Таким образом, у детей в возрасте 5-7 лет происходит ослабление стимулирующих влияний центрального контура вегетативной регуляции на сердечный ритм. Доминирующее влияние в структуре волнового спектра начинает оказывать автономный контур регуляции ( $HF > LF > VLF$ ), предположительно, это может быть связано с завершением становления тонуса центров блуждающего нерва [19].

Возрастает вариативность сердечного ритма, а в структуре суммарной мощности спектра возрастает доля парасимпатической активности.

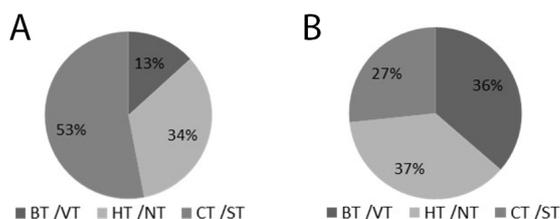


Рисунок 1. Распределение по исходному вегетативному тону в разных возрастных группах: А — дети 3-4 лет и В — дети 5-7 лет, ВТ — ваготоники, НТ — нормотоники, СТ — симпатикотоники / Distribution according to the initial vegetative tone in different age groups: А — children 3-4 years old and В — children 5-7 years old, VT — vagotonics, NT — normotonics, ST — sympathicotonic.

Анализ литературных источников показал, что ряд авторов высказывает утверждение об отсутствии половых различий в показателях ВРС у дошкольников и школьников младших классов [20, 21], другие исследователи придерживаются противоположной точки зрения [22, 23].

Анализ показателей ВРС показал, что ярко выраженных различий среди обследованных детей по половому признаку внутри одной возрастной группы выявлено не было. Однако у девочек в возрасте 3-4 лет отмечается более низкая парасимпатическая активность, которая проявляется в более низких значениях показателя RMSSD (мс) 31,2 (18,5;44,7) по сравнению с мальчиками того же возраста 36,4 (24,7;60,3) ( $p=0,019$ ). При этом отмечаются более низкие показатели нейрогенных симпатических модуляций сердечного ритма (АМо, %) у мальчиков 3-4 лет 37,3 (29,3;46,8) в сравнении с девочками этой же возрастной группы 41,6 (33,4;51,1). Это находит отражение в более высокой степени напряжения регуляторных механизмов мальчиков 3-4 лет (SI, у.е.) 186,5 (127,1;332,6) по сравнению с девочками того же возраста 143,9 (96,0;232,9) ( $p=0,039$ ). У детей в возрасте 5-7 лет половых различий по ВРС выявлено не было. В связи с этим было принято решение не учитывать пол ребенка при оценке анализа показателей ВРС в зависимости от места проживания.

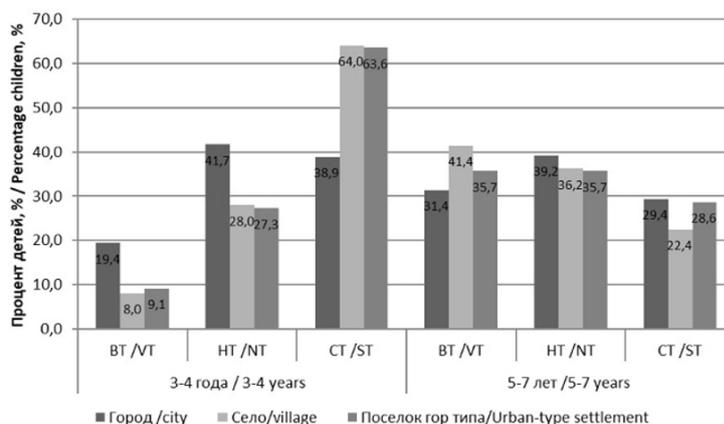


Рисунок 2. Распределение детей по исходному вегетативному тону в зависимости от места проживания. ВТ — ваготонический, НТ — нормотонический, СТ — симпатикотонический. / Distribution of children according to the initial vegetative tone, depending on the place of residence. VT — vagotonic, NT — normotonic, ST — sympathicotonic.

Проведённые ранее исследования заболеваемости и состояния здоровья детей, проживающих в городе и на селе, показывают противоречивые результаты. Так, по мнению ряда исследователей, «среди детей в возрасте более 1 года — 17 лет заболеваемость в малых городах на 20-30% ниже, чем в крупных, а заболеваемость сельских детей ниже соответственно на 25-35%» [24]. Исследования других авторов, основанные на данных всеобщей диспансеризации от 2002 года, в процессе которой были обследованы 30400 тысяч детей, показывают, «что число здоровых детей в сельской местности мень-

ше городских на 21,4%; число детей с функциональными нарушениями больше на 10,7%, а детей, имеющих хронические заболевания, — на 19,5%» [25]. «Большинство авторов объясняют худшие показатели здоровья у сельских детей многофакторностью причин, вызывающих у них заболевания, как-то: социально-экономические, гигиенические, медико-биологические факторы, климатогеографические, экологические и этнические особенности, низкий уровень оказания медицинской помощи» [26]. Анализ распределения по ИВТ среди детей в возрасте 3-4 лет, проживающих в различных типах поселений, показал, что у детей, проживающих в сельских районах, более выражен симпатикотонический тип (СТ), что составило более 60% обследованных детей на данных территориях (рис. 2). В то время как среди детей, проживающих в городе, преобладает нормотонический тип (НТ) — 41,7%, а симпатикотонический тип (СТ) отмечается только у 38,9%. У дошкольников в возрасте 5-7 лет наблюдается совсем другое распределение по типу вегетативной регуляции. Прежде всего это связано с возрастными особенностями, которые проявляются в доминировании автономного и снижении центрального контуров регуляции, а также активизацией парасимпатической активности. Основные преобладающие типы ИВТ — ваготонический (29,4-39,2%) и нормотонический (22,4-41,4%).

Таблица 2  
Показатели ВСП у детей дошкольного возраста с ваготоническим типом регуляции  
в зависимости от места проживания, Ме (перцентили 25;75)

	Город/city	Село/village	Поселок гор типа/Urban- type settlement	Город/city	Село/village	Поселок гор. типа/Urban-type settlement
Возраст /age	3-4 (n-7)	3-4 (n-2)	3-4 (n-2)	5-7 (n-16)	5-7 (n-24)	5-7 (n-20)
ЧСС уд/мин. / HR, bmp	87 (79,5;89,5)	88,0 (88,0;88,0)	85,5 (82,2;88,7)	81,0 (77,0;90,0)	82,0 (79,0;86,2)	81,0 (77,7;86,2)
NNRR, ms.	688,3 (665,3;712,5)	680,0 (679,0;681,0)	701,0 (676,0;726,0)	734,7 (665,0;770,1)	727,5 (691,2;758,0)	738,0 (694,2;766,5)
Амо,%	25,2 (24,7;25,7)	22,8 (21,4;24,0)	21,6 (21,4;21,7)	23,7 (17,7;27,0)	20,7 (17,8;24,1)	22,6 (19,1;25,9)
МхDMn, ms	308,0 (288,5;327,5)	305,0 (289,5;312,0)	326,0 (322;330)	315,0 (278,0;351,0)	336,0 (308,7;358,7)	335,5 (291,7;367,0)
SDNN, ms	63,4 (59,9;66,8)	70,3 (68,5;77,9)	74,2 (72,7;75,7)	68,4 (59,5;85,3)	73,8 (67,9;85,4)	69,8 (60,2;87,6)
pNN50 (%)	43,3 (35,0;43,0)	51,9 (47,8;52,1)	55,0 (47,0;63,0)	51,6 (35,5;61,8)	52,0 (38,5;61,2)	52,0 (46,2;56,0)
RMSSD, ms	66,2 (58,5;73,9)	76,6 (72,1;84,4)	84,8 (73,1;96,5)	77,7 (53,1;104,5)	82,3 (65,1;95,8)	81,9 (68,8;91,6)
SI, y. e.	65,7 (62,4;69,0)	59,9 (53,5;67,0)	54,1 (51,1;57,0)	62,5 (32,0;71,2)	46,2(37,2;56,2)	54,9 (35,4;66,2)
LF/HF	1,2 (1,1;1,2)	0,8 (0,5;0,8)	0,8 (0,5;1,0)	1,0 (0,6;1,2)	0,8 (0,5;1,3)	0,8 (0,5;1,1)
IC, y. e.	2,7 (2,0;3,4)	2,9 (2,1;3,5)	3,5 (2,4;4,5)	2,6 (1,9;4,4)	3,5 (2,9;4,0)	2,9 (2,3;5,2)
HF, ms <sup>2</sup>	1191,5 (973,7;1409,2)	2020,5 (1696,0;2580,8)	2503,5 (1845,7;3161,2)	1627,7 (1163,2;3759,2)	2103,0 (1403,7;2925,0)	2222,5 (1614,5;2751,7)
LF, ms <sup>2</sup>	1413,5 (1209,2;1617,7)	1438,9 (1205,8;1726,4)	1268,0 (1120,5;1415,5)	1481,5 (980,8;1519,1)	1784,5 (1465,2;2288,0)	1336,5 (913,0;2341)
VLF, ms <sup>2</sup>	443,5 (395,2;491,7)	951,3 (653,6;1723,1)	774,5 (592,2;956,7)	975,0 (806,9;1969,8)	637,0 (443,5;822,7)	544,0 (368,5;849,7)
TP, ms <sup>2</sup>	3675,5 (3364,7;3986,2)	4450,5 (3976,0;5656,8)	5212,5 (4998,7;5426,2)	3312,5 (2972,4;6705,4)	5115,5 (4216,0;6614,7)	4315 (3300,7;7029,0)

Анализ показателей ВСП среди детей в одновозрастных группах с исходным ваготоническим тоном показал, что достоверных различий между детьми, проживающими в различных типах поселения, выявлено не было. Возможно, это связано с недостаточным количеством детей в каждой выборке. Так, в с. Ловозеро и п.г.т. Умба среди детей 3-4 лет было выделено всего по 2 ребенка, в г. Апатиты 7 детей. Среди детей 5-7 лет группы оказались более выровнены — 24, 20 и 16 детей соответственно. Несмотря на это, у детей, проживающих в городе, отмечается более низкая парасимпатическая активность за счет более низких значений RMSSD (мс) на фоне снижения нейрогенных симпатических модуляций сердечного ритма (АМо, %) и степени напряжения регуляции (SI, y.e.) (таблица 2). Отмечаются более низкие значения суммарной мощности спектра (TP, см<sup>2</sup>) у детей 3-4 лет, проживающих в городе, в основном за счет более низких значений дыхательной компоненты (HF, мс<sup>2</sup>), что отражается в доминирующем влиянии центрального контура регуляции в структуре волнового спектра с преобладающим влиянием вазомоторных волн (LF 37,6%>HF>VLF). У остальных групп доминирующее влияние

оказывает автономный центр  $HF > LF > VLF$  с преобладающим влиянием дыхательных волн  $HF \geq 40\%$ .

Анализ электрокардиограмм показал, что у проживающих в городе детей (30%) с данным типом регуляции были выявлены различные нарушения: брадиаритмии (предсердно-желудочковые и атрио-вентрикулярные), нарушения внутрисердечной проводимости (неполная блокада правой ножки пучка Гиса).

Среди дошкольников с нормотоническим типом регуляции также не было выявлено достоверных различий. Несмотря на это, сохраняется закономерность: у детей, проживающих в сельских условиях, отмечается более высокая вагусная активность. Это находит отражение в более высоких значениях временных показателей RMSSD и SDNN и более низких значениях нейрогенного симпатического канала центрального стимулирования (АМо, %) (таб. 3). Причем у детей 3-4 лет это выражено сильнее, что также подтверждается данными спектрального анализа. У детей, независимо от возраста, отмечаются более низкие значения общего спектра мощности (TP,  $ms^2$ ), в основном за счет высокочастотного парасимпатического компонента HF ( $ms^2$ ) (рисунок 3).

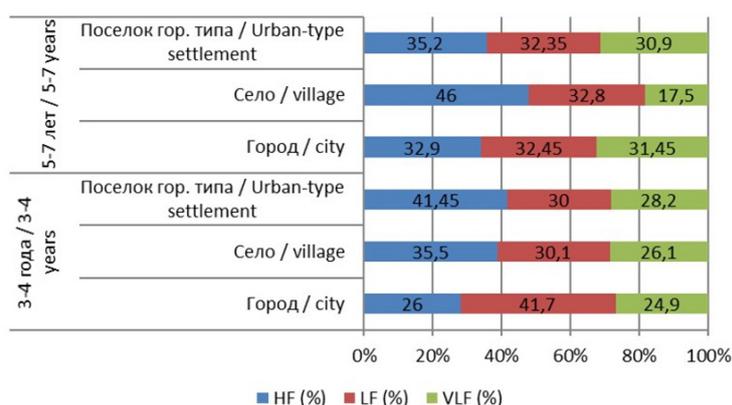


Рисунок 3. Спектральный анализ ВРС детей в возрасте 3-4 и 5-7 лет в зависимости от места проживания / Spectral analysis of HRV of children aged 3-4 and 5-7 years, depending on the place of residence.

У детей 3-4 и 5-7 лет, проживающих в селе и п.г.т., с ваготоническим типом регуляции, доминирующее влияние на сердечный ритм оказывает автономный центр ( $HF > LF > VLF$ ) с преобладанием влияния дыхательных волн (HF) спектра, а у детей 3-4 лет, проживающих в городе с тем же типом регуляции — центр с преобладанием влияния вазомоторных волн ( $LF 37,6\% > HF > VLF$ ).

Среди детей в возрасте 3-4 лет дети с симпатикотоническим типом регуляции занимают самый большой процент. Причем среди детей, проживающих в сельской местности, он составляет более 60%. Почему так получилось, еще предстоит выяснить. Возможно, это связано с небольшим процентом выборки по данной возрастной группе.

Несмотря на то, что достоверных различий выявлено не было, так же, как и в предыдущих группах с ваготоническим и нормотоническим типом вегетативной регуляции, у детей, проживающих в городских условиях, индекс напряжения выше (SI, у.е.) (таб. 4).

При сравнительном анализе показателей ВРС у детей 3-4 лет с симпатикотоническим типом регуляции, проживающих в п.г.т., индекс напряжения (SI, у.е) значительно ниже, чем у детей из города и села. Достоверных различий среди дошкольников выявлено не было, но обращает на себя внимание, что более высокие статистические показатели ВРС (RMSSD, ms, pNN50 (%)) у детей, проживающих в п.г.т., указывают на преимущественное влияние парасимпатического отдела ВНС в модуляции сердечного ритма. Это находит отражение и в более высоких показателях временного анализа — в высокочастотном и общем спектре мощности (HF,  $ms^2$ , TP,  $ms^2$ ). Среди дошкольников 5-7 лет с симпатикотоническим типом регуляции сердечного ритма обращают на себя внимание более низкие показатели индекса напряжения (SI, у.е) у детей, проживающих в п.г.т., что говорит о доминирующем влиянии вагусной активности на сердечный ритм.

Оценку адаптационного потенциала у детей проводили по результатам анализа ВРС на основе системы оценки здоровья типа «Светофор», где З — состояние физиологической нормы; Ж1 — донозологические состояния; Ж2 — преморбидные состояния и К — срыв механизмов адаптации (рис. 4).

Таблица 3

Показатели ВСР у детей дошкольного возраста с нормотоническим типом регуляции в зависимости от места проживания, Ме (перцентили 25;75)

	Город /city	Село/village	Поселок гор типа/Urban- type settlement	Город /city	Село/village	Поселок гор. типа/Urban-type settlement
Возраст /age	3-4 (n-15)	3-4 (n-7)	3-4 (n-6)	5-7 (n-20)	5-7 (n-21)	5-7 (n-20)
ЧСС уд./мин. / HR, bmp	94,0 (92,0;99,5)	97,0 (94,0;101,0)	92,5 (90,5;96)	92,5 (91,0;96,7)	93,0 (86,7;95,0)	91,5 (88,0;95,5)
NNRR, ms.	637,4 (599,4;648,9)	616,0 (591,0;638,0)	645,5 (621,7;661,7)	643,0 (615,0;658,5)	641,8 (626,7;684,4)	652,5 (623,7;680,5)
Amo,%	31,3 (29,7;35,5)	31,6 (30,3;37,6)	29,4 (26,9;32,8)	33,3 (30,7;34,4)	31,9 (28,4;34,8)	31,1 (29,6;33,4)
MxDMn, ms	230,0 (227,5;253,0)	239,0 (230,0;263,0)	239,5 (224,5;264,2)	250,0 (230,2;273,2)	243,5 (227,2;265,7)	234,0 (231,0;259,2)
SDNN, ms	51,0 (41,2;52,2)	50,1 (44,5;58,0)	52,4 (47,5;57,5)	49,4 (45,8;54,7)	50,3 (46,3;54,3)	48,6 (43,7;51,2)
pNN50 (%)	23,0 (11,05;28,7)	34,0 (24,0;38,0)	23,8 (18,0;39,2)	25,0 (16,2;31,5)	28,6 (24,1;33,6)	24,5 (17,7;31,2)
RMSSD, ms	45,5 (32,8;52,4)	51,1 (45,0;61,7)	44,8 (40,6;62,5)	49,1 (40,1;55,2)	49,2 (44,5;55,5)	48,4 (38,2;50,3)
SI, y. e.	113,2 (95,3;131,3)	111,6 (102,7;123,7)	90,9 (83,8;117,1)	109,8 (93,2;122,3)	104,0 (89,5;119,4)	101,0 (92,4;115,3)
LF/HF	1,3 (0,95;2,1)	0,8 (0,5;1,2)	0,8 (0,5;1,6)	1,2 (0,8;1,4)	0,6 (0,5;1,1)	0,9 (0,7;1,2)
IC, y. e.	3,0 (1,8;3,5)	2,8 (1,8;3,0)	2,6 (1,4;5,0)	2,2 (1,5;3,1)	4,7 (3,2;5,9)	2,2 (1,3;3,5)
HF, ms <sup>2</sup>	676,3 (391,05;1084,2)	874,0 (735,0;1348,0)	773,0 (568,5;866,5)	661,5 (491,7;848,0)	668,5 (576,2;919,2)	1022,15 (752,2;1371,0)
LF, ms <sup>2</sup>	932,8 (593,5;1149,6)	718,0 (601,0;988,0)	737,5 (509,5;850,0)	586,5 (585,0;993,0)	708,5 (571,2;877,0)	692,3 (541,7;1264,4)
VLF, ms <sup>2</sup>	560,6 (526,5;629,7)	324,0 (193,0;427,0)	312,0 (303,5;645,2)	351,5 (288,5;432,7)	244,5 (170,5;430,0)	447,3 (390,7;494,3)
TP, ms <sup>2</sup>	2419,2 (1669,3;2596,4)	2424,0 (1811,0;3067,0)	2146,0 (1825,0;3026,5)	2111,5 (1915,5;2679,0)	2231,0 (1827,5;2390,7)	2448,1 (1936,7;2810,0)

В процентном соотношении в возрастной категории 3-4 года показатели детей, проживающих в селе и п.г.т. Мурманской области, с состоянием минимального или оптимального напряжения систем регуляции ниже (32%), чем у тех, кто проживает в городе (42%). При этом процент детей с состоянием функционального напряжения, повышением активности симпатико-адреналовой системы, проживающих на территории села и п.г.т. (36%), выше, чем у городских детей (25%). Состояние перенапряжения с характерной недостаточностью адаптационных защитно-приспособительных механизмов также более выражено у детей, проживающих на селе (24%), чем у городских детей и проживающих в п.г.т. (18 и 19% соответственно). Состояние срыва механизмов адаптации у детей, проживающих в городе и п.г.т., превышает показатели у детей, проживающих на селе (14 и 8% соответственно). В процентном соотношении в возрастной категории 5-7 года показатели детей, проживающих в селе и п.г.т. Мурманской области, с состоянием удовлетворительной адаптации организма к условиям внешней среды (55 и 60%) выше, чем у городских детей (49%). При этом процент детей с состоянием функционального напряжения, повышением активности системы гипофиз-надпочечники, проживающих на территории села (31%), выше, чем у жителей города (24%) и п.г.т. (23%). Состояние перенапряжения с неспособностью обеспечить оптимальную адекватную реакцию организма на воздействие факторов внешней среды более выражено у детей, проживающих в селе (22%), чем у детей города и п.г.т. (13 и 14% соответственно). При этом стадия истощения регуляторных механизмов с преобладанием неспецифических изменений более выражена в этой возрастной категории у детей, проживающих в городе (14%), чем у детей из села и п.г.т. (9 и 7% соответственно).

В целом анализ данных вариабельности сердечного ритма показал, что у большинства детей отмечено хорошее состояние автономной нервной регуляции сердечного ритма. С возрастом отмечается тенденция к снижению активности симпатической нервной системы, что отражается в снижении напряжения регуляторных механизмов SI. Наибольший вклад в регуляцию сердечного ритма у детей 5-6 лет вносит парасимпатическая нервная система. Данный вариант регуляции сердечного ритма отражает хорошее физическое состояние и стрессоустойчивость организма. Преобладание HF-компонента в структуре ВСР согласуется с представлением об адаптационно-трофическом защитном действии

блуждающих нервов на сердце и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к стрессирующим факторам [27, 28].

Таблица 4  
Показатели ВСР у детей дошкольного возраста с симпатикотоническим типом регуляции в зависимости от места проживания, Ме (перцентили 25;75)

	Город /city	Село/village	Поселок гор типа/Urban-type settlement	Город /city	Село/village	Поселок гор типа/Urban-type settlement
Возраст /age	3-4 (n-14)	3-4 (n-16)	3-4 (n-14)	5-7 (n-15)	5-7 (n-13)	5-7 (n-16)
ЧСС уд./мин. / HR, bmp	109,5 (105,25;112,5)	106 (102,75;114,75)	105 (96;111)	101 (96;104,75)	99 (96;103)	101 (96;101)
NNRR, ms.	543,3 (524,025;560,875)	563 (521,25;582,25)	570 (537;624)	592,5 (568,5;620,75)	603 (578;621)	593,7 (589,5;620,6)
Амо,%	46,75 (43,05;57,175)	47,85 (40,4;58,55)	46,8 (42,5;51,2)	45,4 (40,925;49,9)	42,7 (41,1;48)	44,4 (38,6;57)
MxDMn, ms	151 (119,75;185,25)	174 (126,75;180,75)	184 (131;192)	172 (129,75;195,25)	171 (156;185)	166 (165;176)
SDNN, ms	32,45 (23,35;39,875)	31,35 (24,475;38,1)	30,2 (25,1;37,2)	32,5 (26,525;37,025)	34,7 (26,1;37,1)	32,8 (28,4;39,3)
CV, (%)	5,9 (4,175;7,3)	5,65 (4,6;6,4)	5,3 (4,4;6,2)	5,45 (4,625;6,2)	6 (4;6,2)	4,7 (4,6;6,6)
pNN50 (%)	1,85 (0,25;7,225)	4,5 (2;10)	7 (1;12)	4,5 (1,75;6,5)	6 (2;15)	8,8 (4,4;19,3)
RMSSD, ms	20,2 (16,025;25,65)	23,8 (17,85;30,05)	28,7 (18;34,4)	25,85 (18,35;28,625)	23,9 (18,4;37)	29 (24,3;38,7)
Sl, y. e.	327,2 (198,225;471,1)	299,2 (196,1;429,075)	230,2 (190;420)	254,75 (173,65;358,1)	210,1 (178,7;265,7)	196,7 (181,2;289,8)
LF/HF	1,75 (1,3;1,15)	1,8 (1,25;2,15)	1,1 (0,9;1,8)	1,45 (1,1;1,775)	1,6 (1,1;1,9)	0,9 (0,6;1,6)
HF, ms <sup>2</sup>	124,65 (84,65;222,95)	166 (113,25;296)	255 (109;437)	225,5 (114,75;322)	231 (106;441)	427,1 (231,7;530,4)
LF, ms <sup>2</sup>	288,85 (150,95;404,075)	316 (187,25;427,75)	311 (162;387)	279,5 (148,25;457)	250 (170;368)	326,2 (286,5;363,3)
VLF, ms <sup>2</sup>	280,05 (248,6;516,825)	122,5 (94,75;234)	212 (130;234)	158 (102;183,75)	215 (193;297)	223,2 (182,3;610,7)
TP, ms <sup>2</sup>	796,95 (504,125;1160,075)	796,5 (543,75;1294)	833 (543;1337)	946 (651,75;1121,25)	1127 (652;1344)	1023,3 (778,4;1427,7)

У большинства обследованных детей 5-7 лет суммарная мощность спектра в диапазонах высоких и низких частот доминировала над величинами мощности спектра в очень низкочастотном диапазоне HF>LF>VLF. Это свидетельствует о преобладании модулирующего симпато-парасимпатического регуляторного влияния над гуморально-метаболическим и центральными эрготропными регуляторными стимулами [29, 30]. В то время как у детей 3-4 лет, наоборот, преобладает гуморально-метаболическое влияние VLF>LF>HF.

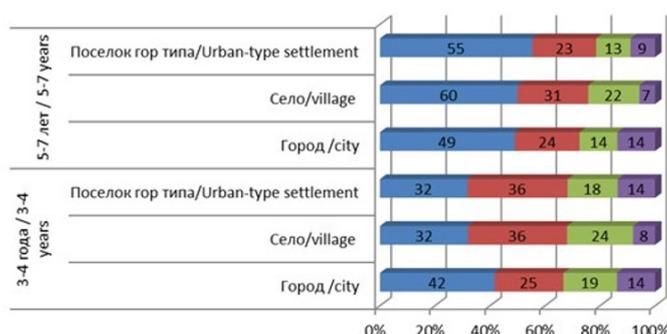


Рисунок 4. Уровень функционирования вегетативной нервной системы детей 3-4 и 5-7 лет, проживающих в различных типах поселений Мурманской области (высоких широт) / The level of functioning of the autonomic nervous system of children 3-4 and 5-7 years old in living in various types of settlements of the Murmansk region (high latitudes).

Анализ структуры здоровья показал, что у 50,6% детей в возрасте 3-4 лет снижены функциональные возможности организма. Признаки срыва механизма адаптации отмечаются у 12,1% детей. Особенно сильно это выражено у детей из п. Ловозеро и п.г.т. Умба. Среди детей 5-7 лет низкие адаптационные возможности отмечаются у 30,9% детей, причем на долю детей 6 лет приходится 51%.

### Выводы

У детей дошкольного возраста 3-4 лет, проживающих в Мурманской области (высокие широты) в принципиально разных социально-экономических и бытовых условиях, показатели ВРС отражают общие физиологические особенности детского организма.

Сравнительный анализ ВРС показал, что наблюдаются изменения соотношения активности автономного и центрального контуров регуляции сердечного ритма в сторону нарастания влияния ПНС. Увеличение мощности волн VLF в этом случае обусловлено преобладанием церебральных, эрготропных влияний над гуморально-метаболическими. Также отмечается усиление мощности волн (LF, ms), что отражает оптимальную активность кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга. У мальчиков в возрасте 4 лет наблюдается преобладающее влияние ПНС по сравнению с девочками, что находит отражение в более высоком спектре мощности (TP, ms). Нарастание вклада (VLF, %) и снижение (HF, %) в общем спектре среди девочек 4 лет проявляется значительным напряжением регуляторных механизмов и активизацией нейрогуморального влияния на ритм сердца.

У детей в возрасте 6 лет наблюдается обратная тенденция: влияние ПНС начинает преобладать у девочек. Преобладающий тип спектра у мальчиков HF>VLF>LF, в то время как у девочек преобладает HF>LF>VLF, что свидетельствует об усилении вклада в регуляцию сердечного ритма церебральных эрготропных и симпатических влияний.

Существенное доминирование суммарной мощности спектра (TP, ms): диапазон высоких (HF, ms) и низких частот (LF, ms) над спектральной мощностью в очень низкочастотном диапазоне (VLF, ms) отмечается у большинства детей 5-7 лет. Регуляторное влияние в этом случае обусловлено преобладанием церебральных, эрготропных влияний над гуморально-метаболическими. В то время как у детей 3-4 лет, наоборот, преобладает гуморально-метаболическая регуляция VLF>LF>HF, обусловленная влиянием метасимпатической нервной системы. С увеличением возраста отмечается тенденция к снижению активности СНС, что отражается в снижении индекса напряжения (SI). У детей в возрасте 5-7 лет регуляция сердечного ритма в большей степени определяется влиянием ПНС. Такой вариант регуляции отражает оптимальное физическое состояние и необходимый уровень адаптационной возможности организма. «Преобладание HF-компонента в структуре мощности ВРС <...> согласуется с представлением об адаптационно-трофическом защитном влиянии блуждающего нерва на сердечную мышцу и является показателем индивидуальной устойчивости здорового организма к физическим нагрузкам» [17, с. 51].

Сравнительный анализ показателей ВРС в зависимости от места проживания показал, что достоверных различий между детьми, проживающими в различных типах поселений Мурманской области, выявлено не было. Однако наблюдаются определённые различия в группе детей 3-4 лет. Они находят отражение в более низком SI и свидетельствуют о более высокой адаптивности ССС на данном уровне развития, что также подтверждается анализом спектральных показателей ВРС у детей 3-4 лет и 5-7 лет. Более низкие значения LF у детей указывают на снижение активности кардиостимулирующего и вазоконстрикторного центров продолговатого мозга.

Отсутствие значимых различий в возрастной группе детей 5-7 лет тем не менее косвенно указывает на более выраженные адаптационные показатели у городского населения. Возможно, это связано с тем, что, наряду с воздействием климатогеографических особенностей среды проживания на функциональное состояние кардиоваскулярной системы, оказывает влияние и урбанизация северных регионов.

### Заключение

Таким образом, проведённое исследование показало, что у детей дошкольного возраста, проживающих в разных типах поселений на территории Мурманской области в сложных климатогеографических условиях Кольского севера, состояние автономной регуляции сердечного ритма находится в оптимальном состоянии и соответствует характерным возрастным особенностям. Однако в опреде-

лённых возрастных категориях у исследуемых детей отмечено снижение функциональных возможностей. При этом наблюдается усиление напряжения регуляторных систем и снижение функционального состояния у дошкольников, проживающих в городских типах поселений Кольского полуострова. Эта особенность дошкольников вызывает повышенный интерес и требует проведения дальнейших исследований.

Результаты проведённого исследования будут интересны врачам общей практики, врачам-педиатрам и врачам-кардиологам. Полученные данные могут быть полезны при изучении донозологических, функциональных и адаптационных механизмов преморбидной патологии и позволят разработать ряд профилактических мероприятий и оздоровительных процедур, направленных на укрепление здоровья детского населения на Севере.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А. А., Мегорская И. П. Оценка физического развития детей 3-7 лет в Мурманской области (пос. Умба и Ловозеро) // Якутский медицинский журнал. 2019. № 2 (66). С. 35-37.
2. Avcin A.P. Patologija chelovekana Severe / A.P. Avcin. — М.: Medicina, 1985. — 415 s. Risk factors, a the rosclerosisand cardiovascular diseaseamong Aboriginal people in Canada: the Study of Health Assessmentand Risk Evaluationin Aboriginal People (SHARE-AP) / S.S. Anandetal. // Lancet. — 2001. — Vol. 358. — No 6. — P. 1147—1153. DOI: 10.1016 / s0140-6736 (01) 06255-9
3. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. –Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.
4. Белишева Н.К., Мартынова А.А., Пряничников С.В., Соловьевская Н.Л., Михайлов Р.Е. Возрастные особенности вариабельности сердечного ритма у детей дошкольного возраста, проживающих в условиях Арктического региона // Физиология человека. Москва. 2016. Т 42. № 2. – С. 49–62. DOI: 10.7868/S013116461602003X
5. Hasnulin V. I. Geophysical pertubations as the maincause of northern human stress, Alaska PubMed.2007. Vol.49.2 Suppl.). pp. 237–244.
6. Khorseva N. Using psychophysiological indices to estimate the effect of cosmophysical factors (Review). Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics. (2013).Volume 49. Issue 8. pp. 839–852. DOI: L10.1134/S0001433813080033
7. McCraty R., Atkinson M., Stolc V., A. Alabdulgader A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects, Int. J. Environ. Res. Public Health 2017. 14(7). 770. DOI: 10.3390/ijerph14070770
8. Белишева Н.К., Мартынова А.А. Комплексный подход для выявления причин заболеваемости детского населения Кольского севера. // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16. № 2. С. 78-85. DOI:10.22138/2500-0918-2019-16-2-78-85
9. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. – М.: Фирма «Слово», 2008. – 220 с.
10. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново, 2002. – 288 с.
11. Баевский Р.М. Методические рекомендации по анализу ВСР при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65-86.
12. Калюжный Е. А. Морфофункциональное состояние и адаптационные возможности учащихся образовательных учреждений в современных условиях: монография / Е.А. Калюжный; ПИМУ, ННГУ.- Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ – , 2020. – 328 с.
13. Кондакова О.Э. Особенности психофизиологических характеристик адаптации детей, проживающих на разных территориях крайнего севера. Материалы XXIII съезда физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. Москва. 2017. с. 472-475. DOI: 10.17516/1997-1389-0028.
14. Статистический сборник 2017 «Общая заболеваемость детского населения России (0 – 14 лет) в 2017 году» Электронный ресурс: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskiy-sbornik-2017-god> (дата обращения 05.04.2021).
15. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and

Clinical Use // Circulation. 1996. Vol. 93. P. 1043–1065.

16. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: ООО «Нейрософт». 2017. – 516 с.

17. «Оценка уровня здоровья и риска развития заболеваний с помощью цифрового анализатора биоритмов «Омега-М». Электронный ресурс: <https://dyn.ru/publications/AssessmentOfTheLevelOfHealth.pdf> (дата обращения 05.06.2021)

18. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М., Медицина, 1997, 236 с.

19. Стручкова И.В. Возрастные особенности вегетативной регуляции у здоровых детей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Физиология. Тверь, 2013, 18 с.

20. Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет // Физиология человека.–2002.– Т. 28.– № 4.– С.54–58.

21. Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P., Tompuri T., Veijalainen A., Savonen K. and Lakka T. Normal values for heart rate variability parameters in children 6–8 years of age: the PANIC Study// Clin Physiol Funct Imaging (2014) 34, pp290–296. DOI:10.1111 / cpf.12096

22. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 148–166.

23. Aziz W, Schlindwein F.S., Wailoo M, Biala T, Rocha F.C. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children. //Clin Auton Res. – 2012. – 22(2). – P. 91-7. DOI: 10.1007 / s10286-011-0149-z

24. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Модестов А.А., Косова С.А., Бондарь В.И., Волков И.М. Заболеваемость детского населения России (итоги комплексного медико-статистического исследования) Здравоохранение Российской Федерации. 2012. №5. С. 21-26.

25. Минздрав: Всероссийская диспансеризация детей – 2002. Население и общество 2003 17-30 ноября; (135-136). Электронный ресурс: <http://demoscope.ru/weekly/2003/0135/analit01.php> (дата обращения 22.06.2021 г).

26. Цыбульская И.С., Цыбульский В.Б., Леонов С.А., Низамова Э.Р. Здоровье детей города и села в российской федерации. Социальные аспекты здоровья населения. 2014. №2(36). С. 9.

27. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.

28. Fukuba Y, Sato H, Sakiyama T, Yamaoka Endo M, Yamada M, Ueoka H, Mi-ura A, Koga S. Autonomic nervous activities assessed by heart rate variability in pre- and post-adolescent Japanese/ J Physiol Anthropol. – 2009. – №6. – P. 269-273. DOI:10.2114 / jpa2.28.269

29. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Лучицкая Е.С., Слепченкова И.Н., Черникова А.Г. Оценка уровня здоровья при исследовании практически здоровых людей. М.: Слово. 2009. – 100 с.

30. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. – М.: Старко, 2001. – 200 с.

#### Авторы

Пряничников Сергей Васильевич

Научный сотрудник

[pryanichnikov@medknc.ru](mailto:pryanichnikov@medknc.ru)

Мартынова Алла Александровна

Кандидат биологических наук, заведующая научным отделом

[martynovaalla@medknc.ru](mailto:martynovaalla@medknc.ru)

Научный отдел медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, ФГБУН «Кольский научный центр Российской академии наук»

Российская Федерация, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 16а

*S.V. Pryanichnikov, A.A. Martynova*

## HEART RATE VARIABILITY IN PRESCHOOL CHILDREN LIVING IN DIFFERENT TYPES OF SETTLEMENTS OF THE MURMANSK REGION

Research Center for Medical and Biological Problems,  
Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation

**Abstract.** *The purpose of the work* is a territorial comparison of the functional state of the cardiovascular system (CVS) in preschool children living in urban and rural areas of the Murmansk region. **Methods.** 248 children aged 3-7 years were investigated in three districts of the Murmansk region. The analysis of heart rate variability (HRV) was carried out using the hardware-software complex «Omega-M». The data are presented by indicators of descriptive nonparametric statistics (median and as a measure of the percentile span (25-75)), rank analysis of differences between variables (U-test, Mann-Whitney). Comparison of independent samples was carried out using the Mann-Whitney test. The differences between the variables were considered significant at a value of  $p \leq 0.05$ . **Results.** HRV data, when compared by age, significantly differ in groups of 3-4 and 5-7 years. Heart rate indices ( $U=2871.5$ ,  $p < 0.001$ ) are lower in the 5-year-old group with high temporal indices of RMSSD ( $U=3446.0$ ,  $p < 0.001$ ), and SDNN ( $U=3615.0$ ,  $p < 0.001$ ). The data of temporal and spectral analysis, when compared by sex, significantly differ, in 4-year-old boys TR,  $ms^2$   $U=265.5$  ( $p < 0.019$ ), RMSSD  $U=258.0$  ( $p < 0.014$ ) and pNN50 (%)  $U=268.5$  ( $p < 0.02$ ) higher, girls HF, %  $U=271.0$  ( $p < 0.02$ ) in the total power spectrum (TP), SI  $U=278.0$  ( $p < 0.03$ ) lower with a high contribution of second-order waves VLF, %  $U=262.0$  ( $p < 0.016$ ). At the age of 6 years, the trend is reversed; in girls, the indicators of TR,  $ms$  ( $U=100.0$ ,  $p < 0.03$ ), RMSSD ( $U=97.0$ ,  $p < 0.024$ ) and pNN50 (%) ( $U=102.0$ ,  $p < 0.035$ ) are higher. When comparing HRV indicators, depending on the place of residence, there are high temporal indicators of RMSSD ( $U=115.0$   $p < 0.038$ ) and SDNN ( $U=88.0$   $p < 0.012$ ) among residents of the city. **Conclusions.** The HRV indices in most of the children under study reflect the age-related characteristics of the cardiac stimulating and vasoconstrictor centers of the medulla oblongata, with the predominance of the influence of the parasympathetic nervous system (PNS). Some children aged 3-5 and 7 years have low indicators of the body's functional capabilities. At the same time, children of the Kola Peninsula living in rural areas have reduced time indicators of HRV, the total power spectrum and its respiratory component.

**Keywords:** heart rate variability, children, preschool age, functional state, the Arctic

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Sergei V. Pryanichnikov

[pryanichnikov@medknc.ru](mailto:pryanichnikov@medknc.ru)

Received 06.04.2021

For citation:

Pryanichnikov S.V., Martynova A.A. Heart rate variability in preschool children living in different types of settlements of the Murmansk region. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2021, Vol. 18, no. 3, pp. 224–238. DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-3-224-238 (In Russ)

### REFERENCES

1. Martynova A. A., Megorskaja I. P. Ocenka fizicheskogo razvitiya detej 3-7 let v Murmanskoj oblasti (pos. Umba i Lovozero). Assessment of the physical development of children aged 3-7 years in the Murmansk region (Umba and Lovozero villages). Jakutskij medicinskij zhurnal. 2019. № 2 (66). pp. 35-37. (In Russ.)
2. Avcin A.P. Patologija chelovekana Severe. Human pathology in the North M.: Medicina, 1985. 415 p. (In Russ.)
3. Shlyk N.I. Serdechnyj ritm i tip reguljarii u detej, podrostkov i sportsmenov. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2009. 255 p. (In Russ.)

Russ.)

4. Belisheva N.K., Martynova A.A., Prjanichnikov S.V., Solov'evskaja N.L., Mihajlov R.E. Vozrastnye osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u detej doshkol'nogo vozrasta, prozhivajushhih v uslovijah Arkticheskogo regiona. Age-related features of heart rate variability in preschool children living in the Arctic region. *Fiziologija cheloveka*. Moskva. 2016. T 42. № 2. pp. 49–62. DOI: 10.7868/S013116461602003X. (In Russ.)

5. Hasnulin V. I. Geophysical perturbations as the main cause of northern human stress, Alaska PubMed.2007. Vol.49.2 Suppl.). pp. 237–244.

6. Khorseva N. Using psychophysiological indices to estimate the effect of cosmophysical factors (Review). *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. (2013). Volume 49. Issue 8. pp. 839–852. DOI: L10.1134/S0001433813080033

7. McCraty R., Atkinson M., Stolc V., Alabdulgader A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017. 14(7). 770. DOI: 10.3390/ijerph14070770

8. Belisheva N.K., Martynova A.A. Kompleksnyj podhod dlja vyjavlenija prichin zaboлеваemosti detskogo naselenija Kol'skogo severa. An integrated approach to identify the causes of morbidity in the children's population of the Kola North. *Vestnik Ural'skoj medicinskoj akademicheskoi nauki*. 2019. T. 16. № 2. pp. 78-85. DOI:10.22138/2500-0918-2019-16-2-78-85(In Russ.)

9. Baevskij R.M., Berseneva A.P. Vvedenie v donozologicheskiju diagnostiku. Introduction to prenosological diagnostics. M.: Firma «Slovo», 2008. 220 p. (In Russ.)

10. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca. Opyt prakticheskogo primeneniya metoda. Heart rate variability. Experience of practical application of the method. Ivanovo, 2002. 288 p. (In Russ.)

11. Baevskij R.M. Metodicheskie rekomendacii po analizu VSR pri ispol'zovanii razlichnyh jelektrokardiograficheskikh sistem. Methodological recommendations for HRV analysis when using various electrocardiographic systems. *Vestnik aritmologii*. 2002. № 24. pp. 65-86. (In Russ.)

12. Kaljuzhnyj E. A. Morfofunkcional'noe sostojanie i adaptacionnye vozmozhnosti uchashhihsja obrazovatel'nyh uchrezhdenij v sovremennyh uslovijah: monografija. Morphofunctional state and adaptive capabilities of students of educational institutions in modern conditions: monograph. PIMU, NNGU. Arzamas: Arzamasskij filial NNGU, 2020. 328 p. (In Russ.)

13. Kondakova O. Je. Osobennosti psihofiziologicheskikh harakteristik adaptacii detej, prozhivajushhih na raznyh territorijah krajnego severa. Materialy XXIII s#ezda fiziologicheskogo obshhestva im. I. P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem. Features of psychophysiological characteristics of adaptation of children living in different territories of the Far North. Materials of the XXIII Congress of the I. P. Pavlov Physiological Society with international participation. Moskva. 2017. pp. 472-475. DOI: 10.17516/1997-1389-0028. (In Russ.)

14. Statisticheskij sbornik 2017 «Obshhaja zaboлеваemost' detskogo naselenija Rossii (0 – 14 let) v 2017 godu» Jelektronnyj resurs: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskij-sbornik-2017-god> (data obrashhenija 05.04.2021). (In Russ.)

15. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use // *Circulation*. 1996. Vol. 93. pp. 1043–1065.

16. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca (novyj vzgljad na staruju paradigmu). Heart rate variability (a new look at the old paradigm). Ivanovo: OOO «Nejrosoft». 2017. 516 p. (In Russ.)

17. «Ocenka urovnja zdorov'ja i riska razvitija zabolevanij s pomoshh'ju cifrovogo analizatora bioritmov «Omega-M». Jelektronnyj resurs: <https://dyn.ru/publications/AssessmentOfTheLevelOfHealth.pdf> (data obrashhenija 05.06.2021) (In Russ.)

18. Baevskij P.M., Berseneva A.P. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i risk razvitija zabolevanij. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases. M., Medicina, 1997, 236 p. (In Russ.)

19. Struchkova I.V. Vozrastnye osobennosti vegetativnoj reguljacii u zdorovyh detej. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata biologicheskikh nauk. Age-related features of vegetative regulation in healthy children Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences. *Fiziologija*. Tver', 2013, 18 p. (In Russ.)

20. Galeev A.R., Igisheva L.N, Kazin Je.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma u zdorovyh detej v vozraste 6–16 let. Heart rate variability in healthy children aged 6-16 years. *Fiziologija cheloveka*. 2002. T. 28. № 4. pp. 54–58. (In Russ.)
21. Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P., Tompuri T., Veijalainen A., Savonen K. and Lakka T. Normal values for heart rate variability parameters in children 6–8 years of age: the PANIC Study// *Clin Physiol Funct Imaging* (2014) 34, pp. 290–296. DOI:10.1111 / cpf.12096
22. Razvitie sistemy krovoobrashhenija. Development of the circulatory system/ *Fiziologija razvitija rebenka: teoreticheskie i prikladnye aspekty*. M.: Obrazovanie ot A do Ja, 2000. pp. 148–166. (In Russ.)
23. Aziz W, Schlindwein F.S., Wailoo M, Biala T, Rocha F.C. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children. *Clin Auton Res*. 2012. 22(2). P. 91-7. DOI: 10.1007 / s10286-011-0149-z
24. Baranov A.A., Al'bickij V.Ju., Modestov A.A., Kosova S.A., Bondar' V.I., Volkov I.M. Zaboлеваemost' detskogo naselenija Rossii (itogi kompleksnogo mediko-statisticheskogo issledovanija). Morbidity of the Russian child population (results of a comprehensive medical and statistical study) *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*. 2012. №5. pp. 21-26. (In Russ.)
25. Minzdrav: Vserossijskaja dispanserizacija detej – 2002. Naselenie i obshhestvo 2003 17-30 nojabrja; (135-136). *Jelektronnyj resurs: http://demoscope.ru/weekly/2003/0135/analit01.php* (data obrashhenija 22.06.2021 g). (In Russ.)
26. Cybul'skaja I.S., Cybul'skij V.B., Leonov S.A., Nizamova Je.R. Zdorov'e detej goroda i sela v rossijskoj federacii. Health of children of the city and village in the Russian Federation. *Social'nye aspekty zdorov'ja naselenija*. 2014. №2(36). 9 p. (In Russ.)
27. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca: opyt prakticheskogo primenenija. Heart rate variability: practical application experience. Ivanovo: Ivan. Gos. Med. akademija, 2002. 290 p. (In Russ.)
28. Fukuba Y, Sato H, Sakiyama T, Yamaoka Endo M, Yamada M, Ueoka H, Mi- ura A, Koga S. Autonomic nervous activities assessed by heart rate variability in pre- and post-adolescent Japanese/ *J Physiol Anthropol*. 2009. №6. R. 269-273. DOI:10.2114 / jpa2.28.269
29. Baevskij R.M., Berseneva A.P., Luchickaja E.S., Slepchenkova I.N., Chernikova A.G. Ocenka urovnja zdorov'ja pri issledovanii prakticheski zdorovyh ljudej. Assessment of the level of health in the study of practically healthy people. M.: Slovo. 2009. 100 p. (In Russ.)
30. Rjabykina G.V., Sobolev A.V. Variabel'nost' ritma serdca. Heart rate variability. M.: Starko. 2001. 200 p. (In Russ.)

## Authors

Sergei V. Pryanichnikov

Researcher

pryanichnikov@medknc.ru

Alla A. Martynova

Candidate of biological sciences, Head of department

martynovaalla@medknc.ru

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic - Branch of the Federal Research Centre Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences

16a Fersmana str., Apatity, Murmansk Region Russian Federation 184209